

Серія «Технічні науки»
Випуск 4(76) 2016 р.

УДК 628.16

Мартинів С. Ю., к.т.н., доцент, Куницький С. О., к.т.н., с.н.с.

(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ВОДИ В ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ

В статті розглянуто особливості влаштування знезалізнювальних установок в локальних системах водопостачання. Приведена схема та описана конструкція схеми знезалізнення води з напірним пінополістирольним фільтром та аерацією води на рециклі, результати її впровадження.

Ключові слова: підземна вода, знезалізнення, аерація води, пінополістирольне завантаження, напірний фільтр.

Індивідуальне будівництво громадян вимагає забезпечення дорожньою інфраструктурою та інженерними комунікаціями: електропостачанням, водопостачанням, каналізацією тощо. При відсутності таких комунікацій будівництво ускладнюється, збільшується термін будівництва та його вартість, погіршуються умови проживання. Якщо централізоване електропостачання вважається необхідною умовою, то системи водопостачання та каналізації досить часто влаштовуються локальними.

При задовільній якості підземної води локальна система водопостачання здебільшого складається зі свердловини з розміщеним в ній зануреним насосом, гідроакумулятора, системи автоматизованого управління насосом, трубопроводів та водопровідної арматури. При невідповідності показників якості підземної води вимогам споживача, схема водопостачання повинна доповнюватися водоочисним обладнанням.

Підземні води характеризуються, як правило, досить постійними і високими для господарсько-питного водопостачання фізичними і бактеріологічними показниками з досить різноманітними хімічними показниками, які в більшості випадків і, особливо для глибинних горизонтів, не залежать від погодних умов [1, С. 120]. Якість значної частини підземних вод України відповідає діючим вимогам щодо питної води за винятком вмісту заліза (найчастіше до 3 мг/дм³) [2, С. 7]. Надмірна кількість заліза у воді не лише спричиняє появу неприємного запаху, заростання водопровідних труб, а й негативно впливає

на стан здоров'я людини, і потребує проведення знезалізнення води [3, С. 3; 4, С. 95].

Метод знезалізнення рекомендується обирати залежно від хімічного складу води, ступеня знезалізнення, продуктивності водоочисної станції тощо, на основі технологічних випробувань [5, С. 120].

Для знезалізнення води в локальних системах водопостачання можуть використовуватися безнапірні та напірні технологічні схеми, які відрізняються конструкцією фільтра, типом завантаження, зручністю експлуатації, рівнем автоматизації, наявністю додаткового обладнання, габаритами тощо.

Безнапірні схеми знезалізнення води з пінополістирольними фільтрами показали свою ефективність на практиці для централізованих систем водопостачання [6, С. 66]. Проте, в локальних схемах водопідготовки вони вимагають додаткового встановлення накопичувача очищеної води та підвищувального насоса з автоматикою, що збільшує вартість всієї системи. При використанні напірних схем знезалізнення ускладнюється влаштування аерації води. В таких схемах повітря у воду може вводитися з використанням компресора (рис. 1) або ежектора.

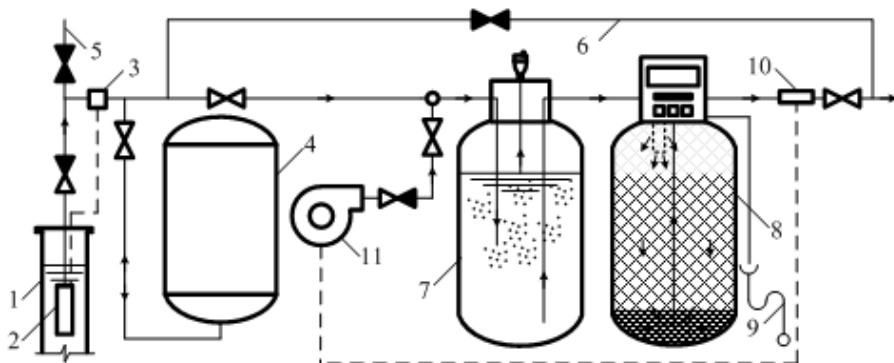


Рис. 1. Схема знезалізнення води з напірним фільтром та аерацією компресором: 1 – свердловина; 2 – занурений насос; 3 – реле тиску; 4 – гідроаккумулятор; 5 – поливальна труба; 6 – обвідна лінія; 7 – аераційна колона з повітровідділювачем; 8 – напірний знезалізнювальний фільтр з клапаном управління; 9 – каналізаційна труба; 10 – водолічильник з імпульсним виходом; 11 – компресор

Стабільна робота ежекційного аератора можлива при постійній розрахунковій витраті та значному перепаду тиску води, що ускладнює його використання в локальних системах водопостачання. В цьому відношенні вигідно здійснювати підсилену аерацію частини води з відведенням в свердловину [7, С. 2], що вимагає мінімальних

затрат на аераційне обладнання.

Робота знезалізнювального обладнання відбувається наступним чином (рис. 2). При включеному насосі 2 частина підземної води через ежекційний аератор 7 по рециркуляційному трубопроводу 9 відводиться в свердловину 1. В свердловині відбувається перемішування проаерованої води з іншою частиною підземної води. Суміш води надходить в гідроакumuлюючий бак 4 і при досягненні максимального тиску відключається насос 2. При відкритті споживачами санітарно-технічних приладів, вода під тиском поступає на напірний пінополістирольний фільтр 10, де відбувається її знезалізнєння. Для зменшення загальної висоти напірного фільтра доцільно використовувати дрібногранульне завантаження, оскільки його потрібна висота буде меншою. Знезалізнєна вода по трубопроводу 11 надходить до споживача.

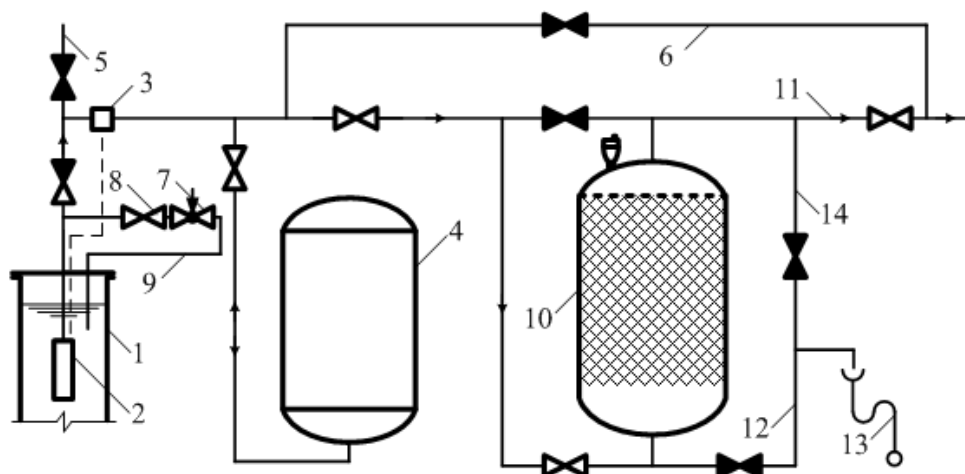


Рис. 2. Схема знезалізнєння води з напірним пінополістирольним фільтром та аерацією на рециклі: 1 – свердловина; 2 – занурений насос; 3 – реле тиску; 4 – гідроакumuлятор; 6 – обвідна лінія; 7 – ежекційний аератор; 8 – регулювальний вентиль; 9 – рециркуляційний трубопровід; 10 – напірний пінополістирольний фільтр; 11 – трубопровід знезалізнєної води; 12 – промивний трубопровід; 13 – каналізаційна труба; 14 – трубопровід скиду першого фільтрату

Необхідний ступінь рециркуляції (відношення витрати води, що подається в гідроакumuлятор, до подачі насоса) залежатиме від ефективності роботи аератора, концентрації двовалентного заліза, інших речовин, що поглинають кисень, тощо (рис. 3).

Тому для зменшення коефіцієнта рециркуляції і, відповідно, зменшення собівартості знезалізнєння води, потрібно використовувати високоефективні аераційні пристрої з максимальним насичен-

ням киснем повітря води. Для цього доцільно використовувати аератори ежекційного типу, які можуть забезпечувати насичення киснем води до концентрацій близьких до рівноважної.

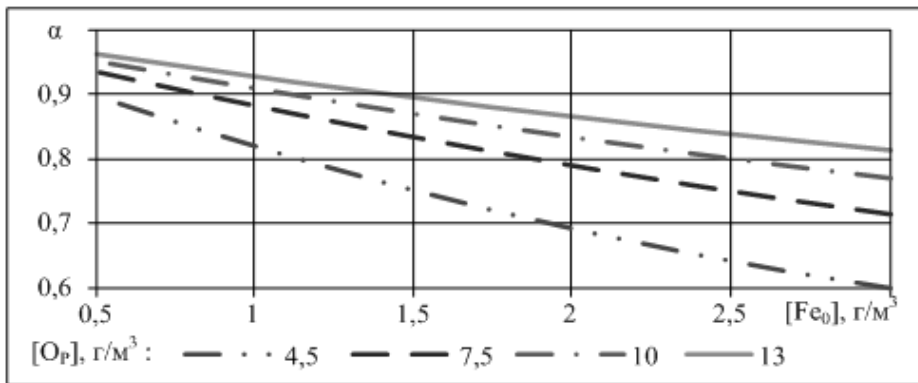


Рис. 3. Залежність коефіцієнта рециркуляції води α від концентрації заліза в підземній воді $[Fe_0]$ та концентрації розчиненого кисню в рециркуляційній трубі $[O_2]$

Напірний фільтр може розташовуватися перед або після гідроакумулюючого баку, що визначає деякі особливості режимів його роботи.

Так, при встановленні напірного фільтра після гідроакумулюючого баку, в останньому буде накопичуватися аерована (неочищена) вода, де може перебувати тривалий час (залежить від водоспоживання). Це призводитиме до практично повного окислення закисного заліза, що погіршує умови використання контактного знезалізнення води. Фільтр працюватиме в перервному режимі з різними швидкостями фільтрування, що залежатиме від кількості та ступенів відкриття санітарно-технічних приборів, що визначає розрахункову продуктивність фільтра. Промивання фільтра виконується підземною водою. Спочатку витрачатиметься вода з гідроакумулюючого бака до зниження тиску до тиску включення зануреного насоса. Тобто інтенсивність промивання буде зменшуватися до моменту включення зануреного насоса, а далі буде практично однаковою. Після промивання потрібно видаляти надлишки підземної води з надфільтрового простору, для чого виконується скид першого фільтрату або, як прийнято зараз називати, пряме промивання.

Максимальна площа фільтрування одного фільтра обмежується продуктивністю зануреного насоса та потрібною інтенсивністю промивання (промивної витрати) для одного фільтра. Так, при концентрації заліза у підземній воді 1 мг/дм^3 та розрахунковій витраті санітарно-технічних приборів $0,1 \text{ дм}^3/\text{с}$, доцільно влаштовувати один

фільтр Ø200 мм, при витраті 0,25 дм³/с – один Ø300 мм, при витраті 0,5 дм³/с – два Ø300 мм.

При встановленні напірного фільтра після гідроакумуючого бака в останньому буде накопичуватися знезалізнена вода, що краще ніж в попередньому випадку. Фільтр працюватиме в перервному режимі зі спадною швидкістю, що обумовлено наповненням гідроакумуючого бака. Промивання фільтра виконується спочатку залишками знезалізненої води з гідроакумуючого бака, а далі – підземною водою від зануреного насоса. Як і в попередньому випадку, фільтр потребує скиду неочищеної води з надфільтрового простору фільтра та, додатково, з гідроакумуючого бака. При виконанні промивання за даною схемою в гідроакумуючому баку буде накопичуватися неочищена вода, що вимагатиме, після закінчення промивання, скидання цієї води в каналізацію.

Ефективність роботи знезалізнюючого обладнання за останньою схемою досліджувалося в натурних умовах для котеджу, в якому проживають три людини. Вода забирається з водоносного горизонту, який представлений крейдою білою тріщинуватою, глибина свердловини 65 м. Показники якості підземної води наведені в таблиці.

Таблица

Хімічні показники якості підземної води

№ з/п	Найменування показника	Позначення одиниці вимірювання	Значення
1	Амоній	мг/дм ³	0,15
2	Водневий показник рН	од. рН	7,3
3	Жорсткість загальна	моль/м ³	6
4	Залізо загальне	мг/дм ³	2
5	Кольоровість	град.	2
6	Лужність загальна	моль/м ³	7
7	Марганець	мг/дм ³	не виявл.
8	Нітрати	мг/дм ³	1,4
9	Окислюваність перманганатна	мгО ₂ /дм ³	2,3
10	Сухий залишок	мг/дм ³	352

Отже, якість підземної води не відповідає вимогам споживача за концентрацією загального заліза. Достатньо високі значення водневого показника та лужності дозволяють використовувати метод

контактного знезалізнення води.

В колодязі над свердловиною був змонтований аераційний вузол (рис. 4). Напірний пінополістирольний фільтр був виготовлений з сталевих труб $\varnothing 273$ мм і встановлений в підвальному приміщенні (рис. 5).

Фільтр промивається один раз на тиждень. Були відібрані проби та визначена концентрація заліза: після промивання – $0,15 \text{ мг/дм}^3$, в кінці фільтрування (на сьомий день) – $0,04 \text{ мг/дм}^3$, тобто напірний фільтр з аерацією води на рециклі забезпечує достатню ступінь знезалізнення води.



Рис. 4. Аераційний вузол



Рис. 5. Напірний пінополістирольний фільтр

Концентрація розчиненого кисню у рециркуляційній воді становила $9,9 \text{ мг/дм}^3$, в воді перед фільтром – $3,2 \text{ мг/дм}^3$, у фільтраті – $3,0 \text{ мг/дм}^3$. При цьому, співвідношення концентрації закисного заліза до загального заліза становила у воді перед фільтром 57%, у фільтраті на початку фільтрування – 38,7%, в кінці – 31,8%.

При промиванні фільтра були відібрані проби промивної води та побудований графік кінетики вимивання забруднень (рис. 6) з пінополістирольного завантаження.

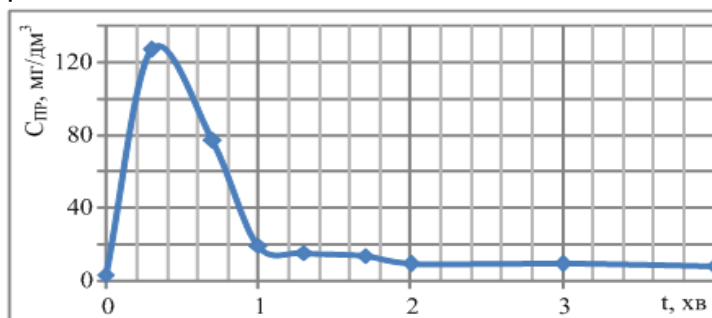


Рис. 6. Кінетика вимивання забруднень з напірного пінополістирольного фільтра

Графік має чіткий один пік, що свідчить про достатню інтенсивність промивання. При середній інтенсивності промивання $17 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$, потрібна тривалість промивання становить близько 2 хв.

Отже, знезалізнення води в локальних системах водопостачання має ряд особливостей, в порівнянні зі схемами знезалізнення в централізованих системах водопостачання. В локальних системах водопостачання доцільно використовувати технологічну схему знезалізнення води з напірними пінополістирольними фільтратами та аерацією на рециклі. Як показали дослідження, така схема дозволяє при зменшених затратах отримувати знезалізнену воду задовільної якості.

1. Orlov V. Energy saving in water treatment technologies with polystyrene foam filters / V. Orlov, S. Martynov, S. Kunitskiy // Journal of Water and Land Development. – PAN in Warsaw, 2016. – Vol. 31 (X-XII). – P. 119–122. **2.** Очищення природної води на пінополістирольних фільтрах / В. О. Орлов, С. Ю. Мартинов ін.; під ред. В. О. Орлова. Монографія. – Рівне : НУВГП, 2012. – 172 с. **3.** Николадзе Г. И. Обезжелезивание природных и оборотных вод / Г. И. Николадзе. – М. : Стройиздат, 1978. – 160 с. **4.** Тугай А. М. Продуктивність водозабірних свердловин в умовах кольматажу : [монографія] / А. М. Тугай, О. Я. Олійник, Я. А. Тугай. – Харків : ХНАМГ, 2004. – 240 с. **5.** Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5-74:2013. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. **6.** Orlov V. Water deferrization in polystyrene foam filters with sediment layer / V. Orlov, S. Martynov, S. Kunitsky. – Saarbrücken, Deutschland : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 94 с. **7.** Пат. на корисну модель 91986 Україна, МПК В 01 D 24/00, С 02 F 1/64. Напірна установка для знезалізнення підземних вод / В. О. Орлов, С. Ю. Мартинов, К. С. Корнійчук : заявник та патентовласник Національний університет водного господарства та природокористування. – № у 2014 01556 ; заявл. 17.02.14 ; опубл. 25.07.14. Бюл. № 14.

Рецензент: д.т.н., професор Ковальчук В. А. (НУВГП)

**Martynov S. Y., Candidate of Engineering, Associate Professor,
Kunyskyi S. O., Candidate of Engineering, Senior Research Fellow**
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

DEFERRIZATION IN LOCAL WATER SUPPLY SYSTEMS

For deferrization of water in local water systems can be used free-flow schemes and pressure technological schemes, which differ by filter's construction, the type of download, ease of use, automation level, the presence of additional equipment, dimensions, etc. At using



pressure deferrization schemes is complicated placing aeration of water. It is advisable to carry out enhanced aeration of the water with outflow into the well that requires minimum costs for aeration equipment using pressure foam polystyrene filters with aeration at recycle. Necessary level of recirculation depends on the efficiency of the aerator's work, concentration of ferrous iron and other substances absorbing oxygen, etc. Effectiveness of work the foam polystyrene pressure filter with aeration at recycle investigated in natural conditions. The quality of underground water did not correspond the consumer requirements for total iron concentration (2.0 mg/dm^3). Enough high pH values (7.3 units) and alkalinity (7.0 mol/m^3) allows using a method of contact water deferrization.

Samples were selected and determined concentration of iron: after washing 0.15 mg/dm^3 , at the end of filtering (on the seventh day) 0.04 mg/dm^3 . Thus, the foam polystyrene pressure filters with aeration at recycle provide a sufficient degree of water deferrization at a lower water cost.

Keywords: underground water, deferrization, aeration of water, polystyrene foam loading, pressure filter.

Мартынов С. Ю., к.т.н., доцент, Куницкий С. О., к.т.н., с.н.с.
(Национальный университет водного хозяйства и
природопользования, г. Ровно)

ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ ВОДЫ В ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В статье рассмотрены особенности устройства обезжелезивающих установок в локальных системах водоснабжения. Приведена схема и описана конструкция схемы обезжелезивания воды с напорным пенополистирольным фильтром и аэрацией воды на рецикле, результаты ее внедрения.

Ключевые слова: подземная вода, обезжелезивания, аэрация воды, пенополистирольное загрузки, напорный фильтр.
